

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ФОТОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УГЛОВОГО МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

Голоктионова О.В., Малышева Д.И.

Научный руководитель: Шарангович С. Н., заведующий кафедрой
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: yoga.ksenia@mail.ru

Введение

Изучение процессов формирования фотонных структур (ФС) на основе мультиплексированных дифракционных решеток (МДР), записанных в фотополимерных материалах (ФПМ) при двухпучковых голографических взаимодействиях, представляют значительный интерес [1-9] в связи с возможностью реализации на их основе устройств мультиплексирования оптических сигналов для многоволновых волоконно-оптических систем передачи.

Целью данной работы является экспериментальное и теоретическое исследование формирования двумерных фотонных структур в фотополимерных нанокompозитных материалах в процессе последовательного углового мультиплексирования с учетом фотоиндуцированного изменения оптического поглощения.

Схема экспериментальной установки

Осуществление двухпучковой записи и измерение дифракционных характеристик МДР осуществлялось на автоматизированной экспериментальной установке, представленной на рис. 1.

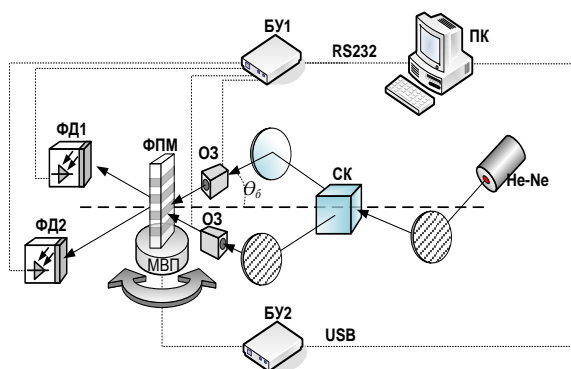


Рис.1 - Структурная схема экспериментальной установки

Структурно установка состоит из следующих элементов: образец ФПМ, на котором происходит голографическая запись МДР; He-Ne лазер; система зеркал (З); светоделительный кубик (СК), разделяющий падающий световой пучок на два, равных по интенсивности; оптические затворы (ОЗ); моторизованная вращательная платформа (МВП), осуществляющая поворот ФПМ с точностью 1 угл.мин. через заданные промежутки

времени; фотодетекторы (ФД), блоки управления (БУ), персональный компьютер (ПК).

Управление затворами ОЗ1, ОЗ2 и снятие интенсивностей световых пучков с фотодетекторов ФД1, ФД2 осуществляется блоком управления БУ1, подключенным к ПК через интерфейс RS-232, с помощью специализированного программного обеспечения (ПО). Автоматизированное управление платформой МВП осуществляется контроллером блока управления БУ, управляемого ПК.

Аналитическое моделирование

На первом этапе моделирования в среде MathCAD путем минимизации функционала отклонения теоретических зависимостей [9] кинетики дифракционной эффективности $\eta_d(t)$ и фотоиндуцированного изменения оптического поглощения (ФИОП) ФПМ $\alpha(t)$ (рис.2), угловой селективности $\eta_d(\theta)$ (рис.3) на стационарном уровне от экспериментальных, полученных на стадии записи одиночной ДР, были определены основные параметры образца ФПМ: $n=1.45$, $\delta n_p=0,025$, $\delta n_i=0,01$, $T_p=2$ сек, $T_m=2$ сек, $d=40.5$ мкм и ДР $\Lambda=0,63$ мкм, $\theta_0=30^\circ$, $\Delta\theta=0,8^\circ$.

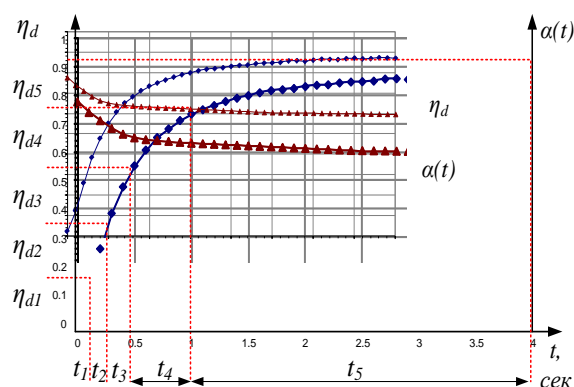


Рис. 2 – Динамика формирования одиночной ДР

На втором этапе на основе модели формирования МДР в поглощающих ФПМ [9], исходя из полученных выше параметров, было определено количество мультиплексированных ДР с периодом $\Lambda=0,63$ мкм при заданной дифракционной эффективности $\eta_{di}=10\%$

рассчитаны кинетики их записи и найдены время записи t_i каждой из них (схематично эти параметры показаны на рис.2). При расчете использовалось специализированное программное обеспечение [10].

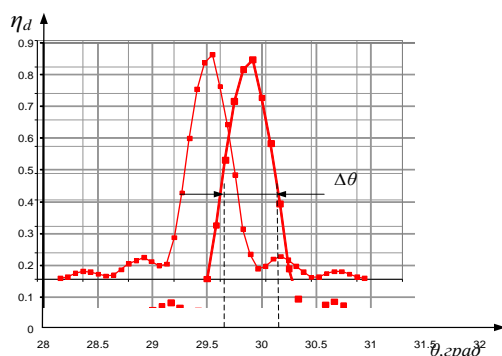


Рис. 3 – Экспериментальная кривая селективности

Экспериментальное исследование

Экспериментальные исследования записи одиночных и мультиплексированных ДР в ФПМ были проведены на образцах, изготовленных в ООО «Полимерные голограммы - Новосибирск». Экспериментально в процессе углового мультиплексирования на основе рассчитанных времен записи было записано 5 мультиплексированных ДР с углом разности 5° , дифракционной эффективностью $\eta \approx 10 \pm 2\%$ и селективностью $\Delta\theta_i \approx 0,81 \pm 0,02^\circ$. По результатам анализа кинетик записи и селективных свойств МДР, представленных на рис.4, были определены амплитуда и степень неоднородности профиля первой гармоники каждой из МДР с учетом ФИОП $\alpha(t)$, представленного на рис.2.

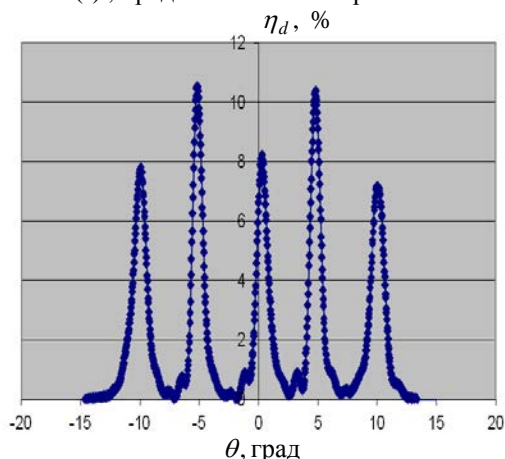


Рис. 4 - Угловая зависимость дифракционной эффективности МДР

Как видно из рис. 4, характеристика угловая зависимости дифракционной эффективности получилась неодинаковой. Это могло произойти по причине малых времен записи (время записи первых трех решеток менее одной секунды), ошибка в десятые доли секунды может привести к

подобным результатам, но изменяя внешние характеристики, условия записи и методики эксперимента мы сможем их улучшить.

Заключение

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России №2014/225.

Список литературы

1. Shubhashish Datta, Stephen R. Forrest, Boris Volodin, Ban Vladimir S. Low through channel loss wavelength multiplexer using multiple transmission volume Bragg gratings // JOSA A. 2005. V. 22. № 8. P. 1624-1629.
2. Fox A., Rai K., Fontecchio A. Holographically formed polymer dispersed liquid crystal films for transmission mode spectrometer applications // Appl. Opt. 2007. V.46. P.6277-6282.
3. Suzuki N., Tomita Y. Holographic scattering in SiO₂ nanoparticle-dispersed photopolymer films // Appl. Opt. 2007. V.46, P. 6809-6814.
4. Akifumi Ogiwara, Minoru Watanabe Optical reconfiguration by anisotropic diffraction in holographic polymer-dispersed liquid crystal memory// Applied Optics. 2012. V.51. P. 5168-5177.
5. Lai N. D., Liang W. P., Lin J. H., Hsu C. C. and Lin C. H. Fabrication of two- and three-dimensional periodic structures by multi-exposure of two-beam interference technique// Opt. Express. 2005. V.13. P. 9605-9611.
6. Sullivan A. C., Grabowski M. W. and McLeod R. R. Three-dimensional direct-write lithography into photopolymer// Appl. Opt. 2007. V.46. P.295-301.
7. Elena Fernández, Celia García, Inmaculada Pascual, Manuel Ortuño, Sergi Gallego, and Augusto Beléndez Optimization of a thick polyvinyl alcohol-acrylamide photopolymer for data storage using a combination of angular and peristrophic holographic multiplexing// Appl. Opt. 2006. V.45. P. 7661-7666.
8. Пен Е. Ф., Шаталов И. Г., Шелковников В. В. Экспериментальные исследования и моделирование голографических фотонных кристаллов с дефектами пространственной и зонной структур//Автометрия. 2010, № 3, С. 64-73.
9. Довольнов Е.А., Шарангович С.Н. Нелинейная модель последовательной записи наложенных голографических решеток в фотополимерных композиционных материалах с учетом самодифракции на пространственных гармониках // Оптика и спектроскопия. 2008. Т.105. №2. С.336-345.
10. Шарангович С.Н., Миргород В.Г., Ноздревых Б.Ф., Устюжанин С.В. Программный комплекс для исследования процессов формирования и дифракционных характеристик голографических фотонных структур// Свидетельство о регистрации в «Отраслевом фонде электронных ресурсов Наука и образование» № 17057 от 10.05.2011г. Номер госрегистрации № 50201150599 от 06.05.2011 г.